

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Katharine Kelly de Azevedo

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO FARELO DE CRAMBE EM DIETAS PARA
OVINOS**

**Diamantina
2018**

Katharine Kelly de Azevedo

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO FARELO DE CRAMBE EM DIETAS PARA
OVINOS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Darcilene Maria de Figueiredo

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Navajas Rennó

**Diamantina
2018**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

A994a Azevedo, Katharine Kelly de
 Avaliação nutricional do farelo de crambe em dietas para ovinos /
 Katharine Kelly de Azevedo. – Diamantina, 2018.
 49 p. : il.

 Orientadora: Darcilene Maria de Figueiredo
 Coorientadora: Luciana Navajas Rennó

 Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia)
 - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2017.

 1. Alimento alternativo. 2. Balanço de nitrogênio. 3. Consumo.
 4. Digestibilidade. 5. Parâmetros ruminais. I. Figueiredo, Darcilene
 Maria de. II. Rennó, Luciana Navajas. III. Título. IV. Universidade
 Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 636.3

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KATHARINE KELLY DE AZEVEDO

Avaliação nutricional do farelo de crambe em dietas para ovinos

Dissertação apresentada ao
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ZOOTECNIA - STRICTO SENSU,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MAGISTER SCIENTIAE EM
ZOOTECNIA

Orientador : Prof.^a Dr.^a Darcilene Maria
De Figueiredo

Data da aprovação : 25/09/2017


Prof. Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA - UFVJM


Prof.^a Dr.^a LUCIANA NAVAES RENNÓ - UFV


Prof.^a Dr.^a ROSELI APARECIDA DOS SANTOS - UFVJM


Prof.^a Dr.^a DARCILENE MARIA DE FIGUEIREDO - UFVJM

DIAMANTINA

À minha amada família, em especial aos meus pais, dedico...

Aos queridos e verdadeiros amigos pelo incentivo e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que não podemos trilhar nenhum caminho sozinhos. Primeiramente, agradeço a Deus por dar sentido a minha vida, pelo cuidado e provisão em tudo e em todos os momentos.

Aos meus familiares, em especial meus pais, Luciane e Alaércio pelo incentivo e apoio em todas as minhas decisões e por não medirem esforços para me verem realizada.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

À minha orientadora Darcilene, pela oportunidade, confiança depositada, acolhida e ensinamentos.

Aos membros da banca Prof^ª. Dr^ª. Luciana, Prof^ª. Dr^ª. Roseli e ao pós-doutorando Leandro pela contribuição para o aprimoramento deste trabalho.

Ao doutorando Sérgio pelo auxílio nas análises estatísticas.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental do Moura, em especial Net e Wal, por todo cuidado e carinho.

Ao Raul (cowboy) pelo apoio e ajuda na rotina experimental do Moura.

À equipe de Nutrição de Ruminantes, em especial, meus irmãos de mestrado Gabriel, Juliana e Maurício pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Ao técnico Abraão, professora Nísia, professor Paulo Henrique e à Rafa pela colaboração com a realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários e professores da UFVJM pelos ensinamentos, em especial à Elizângela, pela presteza e dedicação em seu trabalho.

Às minhas amigas e companheiras de vida, Naiara e Rayane, pelas orações e apoio. Aos meus amigos do mestrado e de Diamantina, Ana Luíza, Anderson, Cláudio, Drielly, Guilherme, Hugo, Jean, Kárito, Keila, Keyte, Luiany, Ludimila, Marielena, Michele, Rafaele, Rômulo, Rúbia e Thessália, pelo companheirismo e pelos momentos de descontração.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

*"Darei graças ao Senhor por sua
justiça; ao nome do Senhor altíssimo
cantarei louvores."*

Salmos, 7:17

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de níveis crescentes de substituição da PB do concentrado (0, 25, 50 e 75% com base na MS) pela PB do farelo de crambe (FC) em dietas para ovinos, sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, parâmetros ruminais, N ureico no plasma sanguíneo (NUP), excreção urinária de N ureico (EUNU), balanço de N, fluxo intestinal de N microbiano (NMIC) e eficiência de síntese de proteína microbiana (EFIM). Foram utilizados quatro ovinos fistulados no rúmen, SRD, machos, castrados, alojados em gaiolas metabólicas, com idade média inicial de 18 meses e peso vivo médio inicial de 50 kg, distribuídos em delineamento quadrado latino 4 x 4 (4 tratamentos e 4 períodos). Cada período foi composto de 14 dias, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais à dieta e às condições experimentais e sete dias para as coletas. As dietas foram compostas por 50% de volumoso (silagem de milho) e 50% de concentrado (%MS). Os resultados foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SAS. Foi verificado efeito linear crescente para o consumo de extrato etéreo e linear decrescente para o consumo de carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína. Com o aumento dos níveis de FC nas dietas observou-se redução na digestibilidade de todos os nutrientes avaliados, exceto para PB e EE. Não houve efeito para o pH do líquido ruminal, porém para os valores de N amoniacal no líquido ruminal foi observado efeito linear decrescente com a inclusão do FC na dieta. Também não foi observado efeito das dietas para o balanço de N e EUNU. Contudo, para a concentração de NUP houve efeito linear decrescente. O NMIC e EFIM apresentaram efeito linear crescente com a inclusão do FC. De acordo com os resultados alcançados no presente estudo, o FC possui potencial como alimento proteico alternativo na dieta de ovinos, pois assegura consumo e utilização do N semelhante a alimentos convencionais e contribui pra melhor síntese de proteína microbiana. Apesar da redução da digestibilidade dos nutrientes com a inclusão do FC às dietas, o consumo de NDT não foi prejudicado.

Palavras-chave: Alimento alternativo. Balanço de nitrogênio. Consumo. Digestibilidade.

Parâmetros ruminais. Síntese de proteína microbiana.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of CP replacement of concentrate (0, 25, 50 and 75% based on DM) for crambe meal (CM) CP in sheep diets regarding on nutrient intake, digestibility, ruminal parameters, blood plasma urea nitrogen (NUP), urinary urea nitrogen excretion (EUNU), N balance, intestinal flow of microbial nitrogen (NMIC), and efficiency of microbial protein synthesis (EFIM). Four rumen fistulated male sheep of undefined breed, castrated, housed in metabolic cages, with initial mean age of 18 months and initial mean body weight (BW) of 50 kg, were distributed in a 4 x 4 Latin square design (4 treatments and 4 periods). Each period was composed of 14 days, seven days for the adaptation of the animals to the diet and the experimental conditions and seven days sampling. The diets were composed of 50% of roughage (corn silage) and 50% of concentrate (% MS). The results were submitted to analysis of variance and regression study at 5% of significance using the SAS statistical program. It was verified crescent linear effect for the intake of ethereal extract and linear effect decreasing for the intake of non-fibrous carbohydrates corrected for ashes and protein. It was observed a reduction of the digestibility of all the nutrients with increase of CM levels in the diets, except for PB and EE. There was no effect on the ruminal fluid pH, but it was observed linear decreasing effect for the values of ammoniacal nitrogen in the rumen according to the inclusion of the CM in the diets. It was not observed effect of diets on N balance and EUNU. However, there was a linear decreasing effect for NUP. There was an increasing linear effect on NMIC and the EFIM with the inclusion of CM. According to the results obtained in the present study, the CM has potential as an alternative protein food in the diets of sheep, because the intake and use of N is similar to conventional foods and improves the microbial protein synthesis. Even with the reduction of nutrient digestibility with the inclusion of CM in diets, the intake of TDN was not affected.

Keywords: Alternative feed. Digestibility. Intake. Microbial protein synthesis. Nitrogen balance. Rumen parameters.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Resíduos da agroindústria na nutrição de ruminantes	17
2.2 Coprodutos da indústria do biodiesel	18
2.2.1 <i>Crambe abyssinica</i> Hochst	18
2.2.2 Fator antinutricional	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Local de experimentação e consideração ética.....	23
3.2 Animais e dietas	23
3.3 Medições e coletas de amostras	25
3.3.1 Alimentos e sobras	25
3.3.2 Fezes	26
3.3.3 Urina	26
3.3.4 Coleta de sangue	27
3.3.5 Coleta de líquido ruminal	27
3.4 Análises químicas e cálculos	27
3.5 Análises estatísticas	29
4 RESULTADOS	31
4.1 Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes	31
4.2 Parâmetros ruminais	33
4.3 Teor de nitrogênio ureico no plasma sanguíneo, excreção de nitrogênio ureico na urina, balanço de nitrogênio e síntese de nitrogênio microbiano	34
5 DISCUSSÃO	37
5.1 Consumo e digestibilidade	37
5.2 Parâmetros ruminais	38
5.3 Teor de nitrogênio ureico no plasma sanguíneo, excreção de nitrogênio ureico na urina, balanço de nitrogênio e síntese de nitrogênio microbiano	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A intensificação na produção animal eleva a produtividade, porém as dietas são constituídas basicamente por milho e soja, como fontes energética e proteica, respectivamente, o que acirra a competitividade com a alimentação humana e entre animais monogástricos e ruminantes. Nesse cenário, o uso de alimentos alternativos é uma importante estratégia para promover a sustentabilidade da cadeia produtiva.

A produção de biodiesel, a partir de fontes vegetais de óleo, gera quantidade significativa de coprodutos passível de utilização na alimentação animal, como o etanol, o glicerol e os farelos e tortas (BOMFIM *et al.*, 2009). Estas últimas apresentam grande potencial de utilização na alimentação animal e o conhecimento de sua composição e níveis de utilização para animais ruminantes é fundamental para a geração de renda adicional na cadeia do biodiesel. Além disso, a utilização desses alimentos na nutrição animal, além de propiciar redução no custo da alimentação e otimizar a eficiência da produção, serve como alternativa sustentável de reaproveitamento da matéria orgânica de origem vegetal, evitando o acúmulo desse material no meio ambiente (BRÁS, 2014).

A confluência de vários fatores econômicos, geopolíticos e ambientais nos últimos anos estimulou o aumento do interesse global no avanço da produção e consumo de biocombustíveis. Espera-se que o crescimento no uso de grãos e oleaginosas para biocombustíveis seja mantido ou acelerado com a expectativa de que o crescimento futuro desse setor provenha principalmente de novas matérias-primas que têm aplicação limitada no mercado de alimentos para animais (FAO, 2012).

O crambe possui propriedades relevantes para o setor do biodiesel como sua capacidade de produção de óleos (35% a 37% do grão), com elevado teor de ácido erúico (ácido graxo biodegradável) (FUNDAÇÃO MS, 2015). Os coprodutos oriundos da extração do óleo (farelo e torta) apresentam teores de PB acima de 20%, sendo classificados como concentrados proteicos, podendo ser utilizados em substituição às fontes proteicas tradicionais na formulação de rações para ruminantes (FUNDAÇÃO MS, 2010), reduzindo custos no preparo de concentrado, agregando valores à cadeia produtiva. Além disso, contribui para redução do impacto ambiental causado pela destinação incorreta desses coprodutos.

Vários trabalhos de investigação da qualidade nutricional das tortas e farelos têm mostrado o potencial de utilização deste coproduto na alimentação dos animais (ÍTAVO *et al.*, 2016; MENDONÇA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2015). No entanto, por se tratar de novos coprodutos disponíveis no mercado, ainda existe o subaproveitamento desses coprodutos, sendo necessários mais estudos na área, inclusive com pequenos

ruminantes, visto que a maioria dos estudos é realizada com bovinos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da substituição da proteína bruta (PB) do concentrado pela PB do farelo de crambe (FC) em níveis crescentes (0%, 25%, 50% e 75%) na dieta de ovinos, sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, parâmetros ruminais, nitrogênio ureico no plasma e na urina, balanço de nitrogênio, fluxo intestinal de N microbiano e eficiência de síntese de proteína microbiana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos da agroindústria na nutrição de ruminantes

Os ruminantes, comparados às demais espécies domésticas, têm grande habilidade em converter subprodutos e resíduos em alimentos nobres (carne, leite, lã e trabalho), com a utilização de fontes não convencionais e que não concorrem diretamente com a alimentação humana e de animais monogástricos (BRINGEL *et al.*, 2011).

Na formulação de rações para ruminantes o milho e o farelo de soja são os principais alimentos utilizados. Ambos formam uma excelente combinação de energia e proteína, e não apresentam restrições quanto à presença de fatores antinutricionais. No entanto, a elevação do custo destes alimentos, aumenta o custo de produção (GOES *et al.*, 2010).

O uso de alimentos alternativos, cada vez mais comum na alimentação de ovinos, visa reduzir os custos de produção por quilo de carne produzida, podendo ser alternativa promissora e economicamente viável para os sistemas de produção de ruminantes, que devido à adaptação fisiológica do rúmen podem aproveitar esses alimentos, quando inseridos em dietas que atendam seus requerimentos de manutenção, crescimento e produção (AREGHEORE, 2000). Além de servir como alternativa sustentável de reaproveitamento da matéria orgânica de origem vegetal, evitando o acúmulo destes resíduos no meio ambiente (BRÁS, 2014).

Os coprodutos da indústria do biodiesel possuem potencial para substituir o farelo de soja reduzindo custos no preparo de concentrado para ruminantes, agregando valor à cadeia produtiva (SILVA, 2001). No entanto, a insuficiência de informações sobre composição e qualidade nutricional, possível toxidez e viabilidade econômica tem ocasionado subaproveitamento desses coprodutos (CABRAL *et al.*, 2011; GOES *et al.*, 2010; PIETRO, 2013).

Nos atuais sistemas de formulação de dietas para ruminantes são necessárias informações relativas às proporções das frações de todos os alimentos, bem como suas taxas de digestão, para sincronizar a disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen, e maximizar a eficiência microbiana e a digestão dos alimentos com menores perdas energéticas da fermentação ruminal, fazendo com que os animais sejam alimentados mais economicamente (GOES *et al.*, 2010).

2.2 Coprodutos da indústria do biodiesel

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no ano de 2005, a principal matéria prima para produção de biodiesel tem sido a soja. Em setembro de 2015, o óleo de soja teve participação de 76,4% na produção do biodiesel (ANP, 2016). A partir de então, tem-se preconizado a busca por fontes alternativas de óleo vegetal para a produção de biodiesel com elevados rendimentos de óleo por unidade de superfície cultivada, gerando coprodutos com potencial uso na alimentação animal e que contribuam para reduzir a dependência pela soja (RODRIGUES e RONDINA, 2013).

2.2.1 *Crambe abyssinica* Hochst

Dentre as alternativas de oleaginosas com potencial para produção do biodiesel, destaca-se o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (GOES *et al.*, 2010). O interesse pela produção do crambe foi despertado em virtude da sua capacidade de produção de óleos (26% a 38% do grão), com elevado teor de ácido erúico (ácido graxo biodegradável) (ECHEVENGUÁ, 2007).

O crambe, da família das Brassicáceas, teve origem no Mediterrâneo, na região da Ásia e Europa Ocidental. É uma planta anual de clima subtropical, adapta-se bem às alterações climáticas, é altamente tolerante à seca, possui ciclo curto (90 a 95 dias), e todo o seu cultivo pode ser mecanizado, sendo resistente às pragas e doenças (CANOVA *et al.* 2015). É cultivada na África, Ásia, Europa, Estados Unidos, México e América do Sul como cultura para cobertura do solo. Tem despertado interesse dos produtores, por ser mais uma alternativa para a safrinha, em especial para produtores de soja e milho, na rotação de culturas (OLIVEIRA, 2010).

Segundo Colodetti *et al.* (2012), o interesse na produção do crambe no Brasil tem se intensificado, visto que os óleos utilizados para produção de biodiesel são baseados em culturas principalmente de ciclo primavera/verão, faltando opções para o outono/inverno. Atualmente a área plantada no país se aproxima de seis mil hectares em Minas Gerais (Triângulo Mineiro), Goiás e Mato Grosso do Sul (SOUZA, 2014).

2.2.1.1 Coprodutos do Crambe

A torta de crambe é o principal coproduto da extração do óleo por prensa, apresenta elevado teor proteico (20 a 30% da MS) e energético (15% de EE), características que a diferem do farelo de crambe, pois este apresenta teores próximos aos 33% e 2% de proteína e extrato etéreo, respectivamente (KNIGHT, 2002).

O farelo de crambe é obtido a partir da extração do óleo com o solvente químico Hexano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$) (MIZUBUTI *et al.*, 2009). De acordo com Souza (2014), a maior

parte desse coproduto gerado pela indústria ainda não tem uma destinação de mercado, sendo utilizada para gerar energia nas caldeiras ou descartada no ambiente servindo como adubo orgânico em lavouras.

Os teores de PB acima de 20%, encontrados nas tortas e farelos de crambe, sugerem que esses coprodutos sejam classificados como concentrados proteicos, podendo, então, substituir fontes de alimentos como farelo de soja, caroço e torta de algodão, dentre outros (FUNDAÇÃO MS, 2010).

A utilização de subprodutos do crambe tem sido mais investigada na alimentação de bovinos, restando esta área de estudo para esta espécie e para caprinos e ovinos. Souza (2011) observou concentração de 37,12% e 4,94% para proteína bruta e extrato etéreo, respectivamente, com base na MS, em seu estudo com farelo de crambe na alimentação bovina. Anderson *et al.* (2000), relataram composição bromatológica do farelo de crambe de 34,5% PB, 41,3% de fibra em detergente neutro (FDN) e 29% de fibra em detergente ácido (FDA), com base na MS. Ítavo *et al.* (2015), encontraram teor de PB maior para o farelo de soja em comparação ao farelo de crambe (50,7% contra 37,1% com base na MS, respectivamente) e concentração de FDN mais elevada para o farelo de crambe (39,3% contra 23,0% com base na MS, respectivamente).

Por ser um alimento rico em celulose e hemicelulose, o farelo de crambe é melhor para o trato gastrointestinal de ruminantes, se comparados aos animais não ruminantes. De acordo com Carlson e Tookey (1983), os teores de proteína e fibra do farelo de crambe podem variar dependendo da quantidade de casca presente na semente. As concentrações de minerais, em geral, são semelhantes aos de outras farinhas de oleaginosas (NRC, 1978). Segundo Liu *et al.* (1994), o farelo de crambe é rico em minerais como potássio (5,16% da MS), magnésio (3,15% da MS), cálcio (7,79% da MS), sódio (0,44% da MS), ferro (0,77 mg/kg de MS), zinco (0,39 mg/kg de MS), manganês (0,085 mg/kg) e em aminoácidos como a cisteína, metionina, lisina e treonina.

Resultados positivos têm sido encontrados com o uso do farelo e torta de crambe na alimentação de animais ruminantes. De acordo com Mendonça *et al.* (2014), o farelo e a torta de crambe podem ser utilizados em até 15% de inclusão na matéria seca de dietas de bovinos em crescimento sem efeito negativo sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.

Costa *et al.* (2010) avaliaram o uso de farelo de crambe na alimentação de cordeiros em confinamento e concluíram que a substituição de até 90% do farelo de soja pelo farelo de crambe não influenciou o comportamento ingestivo dos animais.

Herculano (2013) avaliou níveis de substituição de até 99% do farelo de soja pelo farelo de crambe para bovinos leiteiros e não observou efeitos dos níveis de substituição para os consumos de MS, MO, FDN corrigida para cinzas e proteína, FDA, CNF, PB, EE e NDT, quando expressos em porcentagem do peso vivo. As digestibilidades aparentes totais da FDN, FDA, CNF, PB e EE também não foram influenciadas pelos níveis crescentes do farelo de crambe.

Caton *et al.* (1994), avaliando níveis de substituição do farelo de soja por farelo de crambe (33, 67 e 100% de substituição) em suplemento proteico para novilhos, não observaram diferença na digestão ruminal e pós ruminal da matéria orgânica e porção fibrosa, fermentação ruminal, fluxo de nitrogênio e na eficiência microbiana.

Mizubuti *et al.* (2011), ao avaliarem a cinética de fermentação *in vitro* dos coprodutos farelo de crambe, farelo de algodão, torta de crambe, torta de soja e torta de girassol, verificaram que a torta de soja e a torta de crambe foram os coprodutos com melhor perfil na cinética de fermentação ruminal no que diz respeito à degradação de carboidratos não fibrosos e carboidratos fibrosos. O farelo de crambe apresentou a menor taxa de degradação de carboidratos não fibrosos. De acordo com os autores, isto pode estar associado à temperatura utilizada na produção do farelo, que pode interferir na taxa de degradação.

Porém, alguns estudos têm associado a utilização da torta de crambe com a redução da digestibilidade da fração fibrosa da dieta, sendo esse efeito atribuído principalmente ao teor de extrato etéreo presente na torta de crambe (CANOVA *et al.*, 2015; SILVA, 2013). Quando se trata do farelo de crambe, a redução na digestibilidade das dietas com a inclusão desse coproduto ocorre devido ao aumento nos teores de FDA e lignina (HERCULANO, 2013). No entanto, são esperadas variações na composição nutricional desses coprodutos, pois dependem do processamento do grão e dos tratamentos atribuídos aos farelos e tortas (GOES *et al.*, 2010).

2.2.2 Fator antinutricional

Apesar de apresentar características desejáveis de concentrado proteico de boa qualidade e ser uma alternativa na alimentação de ruminantes, o crambe possui como fator antinutricional os glicosinolatos, produzidos no metabolismo secundário de plantas brassicáceas. Durante a extração do óleo pela indústria o glicosinolato é hidrolisado pela enzima mironase tornando-se tóxico e nocivo à saúde animal por provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de nutrientes. No entanto, nos ruminantes, o desenvolvimento da microbiota ruminal confere maior tolerância na ingestão de

glicosinolatos, fazendo com que os animais adultos sejam mais resistentes a esta exposição se comparados aos jovens lactantes (TRIPATHI e MISHRA, 2007).

De acordo com Wallig *et al.* (2002), os glicosinolatos são convertidos pelos microrganismos do rúmen em compostos potencialmente menos tóxicos favorecendo seu uso no preparo de dietas para esta espécie animal. Goularte *et al.* (2010) avaliaram o efeito do glicosinolato em cordeiros alimentados com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja e concluíram que até o nível de 90% de substituição não houve alteração nos parâmetros bioquímicos do sangue dos animais, porém promoveu aumento da enzima ALP (fosfatase alcalina) e diminuição da TGO (transaminase glutâmica oxalacética), indicando possível alteração na função hepática. Nos achados de Herculano (2013), o farelo de crambe pode substituir em até 99% o farelo de soja, sem que haja mudanças na atividade tireoidiana e na função hepática de bovinos.

Para mitigar os problemas associados com o farelo de crambe e dar uma finalidade econômica para este coproduto, podem ser empregados vários métodos de tratamento para remover ou reduzir as substâncias antinutricionais e minimizar os efeitos nocivos na produção animal (TRIPATHI e MISHRA, 2007). A remoção de compostos por vias térmicas, químicas ou enzimáticas pode melhorar o valor nutricional e a utilização desse alimento (KROGDAHL *et al.*, 2010).

De acordo com Burel *et al.* (2000), alguns procedimentos e tratamentos durante a extração do óleo da planta crambe, como o descascamento, altas temperaturas e a utilização de solventes orgânicos ajudam a diminuir o teor de glicosinolatos presentes. Com o intuito de remover o glicosinolato presente no farelo de crambe, Liu *et al.* (1994) avaliaram o tratamento térmico com e sem aditivos químicos e extração aquosa e constataram que estes processamentos diminuíram consideravelmente o teor desse fator antinutricional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de experimentação e consideração ética

O experimento foi conduzido entre setembro e novembro de 2015 no Laboratório de Ruminantes da Fazenda Experimental do Moura (FEM) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no município de Curvelo, MG (18°45'21" Sul e 44°25'51" Oeste, e 632 m de altitude). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFVJM Campus JK, localizado em Diamantina, MG e no Laboratório de Ruminantes. Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFVJM, protocolado sob o número 002/2014.

3.2 Animais e dietas

Quatro ovinos sem raça definida (idade média inicial de 18 meses e peso vivo médio inicial de 50 kg), machos, castrados, foram selecionados a partir do rebanho geral da fazenda e fistulados no rúmen, conforme procedimento descrito por Gomes (2009), e usados neste estudo aproximadamente seis semanas após a cirurgia. No período pré- experimental os animais foram tratados contra endoparasitas com antihelmíntico a base de albendazol a 10%, por via oral.

Os ovinos foram distribuídos aleatoriamente em quatro gaiolas metabólicas de 1,2 m x 0,6 m, equipadas com dois cochos, sendo um para o acesso individual à dieta e outro para a mistura mineral, além de bebedouro para o fornecimento de água limpa e fresca à vontade. A higienização das gaiolas foi efetuada diariamente.

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 4 x 4 (4 tratamentos e 4 períodos). Cada período foi composto de 14 dias, sendo os sete primeiros dias de cada período destinados à adaptação dos animais à dieta e às condições experimentais, e os outros sete dias para coletas amostrais. O período de adaptação foi considerado suficiente, uma vez que os animais foram alimentados com a mesma fonte de volumoso utilizado no experimento e alojados nas gaiolas metabólicas pelo menos sete dias antes do início do período de adaptação.

Os tratamentos consistiram em dietas contendo níveis crescentes de inclusão da PB do FC em substituição à PB do concentrado (Tabela 1), distribuídas aleatoriamente entre os animais, sendo:

0 = 0% de substituição da PB do concentrado pela PB do FC (controle);

25 = 25% de substituição da PB do concentrado pela PB do FC;

50 = 50% de substituição da PB do concentrado pela PB do FC;

75 = 75% de substituição da PB do concentrado pela PB do FC.

Tabela 1- Percentual de ingredientes das dietas

Ingredientes (% da MS)	Dietas			
	0	25	50	75
Milho moído	28,0	28,0	25,7	16,7
Farelo de soja	16,8	12,8	4,1	3,1
Farelo de trigo	5,2	0	0	0
Farelo de crambe	0	9,2	18,3	27,4
Óleo de soja	0	0	1,6	3,1
Ureia-SA (9:1) ¹	0	0	0,5	0
Mistura mineral ²	2,0	2,0	1,8	1,7
Silagem de milho	48,0	48,0	48,0	48,0

¹/ Ureia-SA (9:1) - ureia misturada com sulfato de amônio na proporção 9:1. ²/ Composição da mistura mineral por kg do produto: 3800 mg de zinco, 147 g de sódio, 1300 mg de manganês, 40 mg de cobalto, 1800 mg de ferro, 590 mg de cobre, 18 g de enxofre, 15 g de selênio, 80 mg de iodo, 20 mg de cromo, 300 mg de molibdênio, 120 g de cálcio, 870 mg de flúor e 87 g de fósforo por kg do produto.

O farelo de crambe foi adquirido por meio de doação pela empresa Caramuru Alimentos S.A (unidade de Itumbiara, GO), sendo este utilizado sem necessidade de tratamento prévio.

As dietas foram balanceadas de acordo com dados preconizados pelo NRC (1985) de modo a garantir ganhos mínimos para os animais. Para tal, as dietas foram formuladas para apresentar aproximadamente 14% de PB e 70% de NDT (Tabela 2), sendo fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, sempre às 06h30 e 14h30. A relação volumoso:concentrado das dietas foi aproximadamente 50:50, com base na MS (Tabela 1), tendo a silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso. A mistura entre o volumoso e o concentrado foi realizada manualmente durante o fornecimento das dietas.

Todos os animais foram pesados no primeiro dia de cada período experimental para determinar a quantidade de alimento a ser fornecida em porcentagem do peso corporal (%PC). O fornecimento inicial da dieta foi determinado em 3% do PC em MS, sendo condizente com o suprimento das exigências nutricionais para animais na categoria estudada e mínimos ganhos. A quantidade de alimento fornecida era ajustada diariamente a partir dos valores de sobras obtidos em 24 horas, de modo a permitir 20% de sobras no cocho ao dia.

Tabela 2- Composição nutricional das dietas

Nutrientes (% da MS) ¹	Dietas				Farelo de Crambe
	0	25	50	75	
Matéria seca	89,73	89,77	90,46	90,95	91,32
Matéria orgânica	93,35	92,34	92,17	88,85	91,46
Proteína bruta	13,82	14,23	14,88	15,18	31,75
PDR	64,83	65,21	69,82	68,44	70,40
PNDR	38,49	37,87	33,13	34,45	29,60
NIDN	15,12	16,19	17,28	17,80	20,60
NIDA	2,88	2,97	3,15	3,30	2,55
Extrato etéreo	2,91	2,77	4,06	5,15	0,89
FDNcp	32,15	32,73	34,26	35,86	29,32
FDNpd	21,21	20,23	19,86	19,58	6,28
FDA	13,53	14,57	15,67	17,00	17,44
Lignina	2,71	3,12	3,63	4,20	6,88
FDNi	10,94	12,49	14,40	16,28	23,03
FDAi	4,42	5,55	6,88	8,21	15,32
CNFcp	43,79	42,61	40,06	35,66	29,50
Carboidratos totais	75,94	75,34	74,32	71,52	58,82
NDT	69,70	69,02	68,41	65,02	58,61

^{1/} PDR - proteína degradável no rúmen em % da proteína bruta total; PNDR - proteína não degradável no rúmen em % da proteína bruta total (valores estimados com base nos dados disponibilizados nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos - CQBAL 3.0); NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro em % do N total; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido em % do N total. FDNcp - fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; FDNpd - FDN potencialmente digestível; FDA - fibra em detergente ácido; FDNi - FDN indigestível; FDAi - FDA indigestível; CNFcp - carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; NDT - nutrientes digestíveis totais estimados segundo o NRC (2001).

3.3 Medições e coletas de amostras

3.3.1 Alimentos e sobras

As quantidades de silagem de milho e concentrado fornecidas, e as sobras, foram pesadas diariamente com o intuito de mensurar o consumo individual dos animais em porcentagem do peso corporal (% PC), em quilograma por dia (kg/dia), gramas por quilograma de peso vivo (g/kg PV) e gramas por quilograma de peso vivo metabólico (g/kg

$PV^{0,75}$).

Os componentes da dieta (silagem de milho e concentrado) foram amostrados no 1º dia de cada período experimental, acondicionados em sacos plásticos identificados por tratamento e período e a silagem de milho armazenada a -20°C. As amostras de sobras foram coletadas diariamente a fim de se obter duas amostras compostas por animal e por período, sendo realizadas a cada sete dias. Tais amostras compostas de sobras e os componentes da dieta, depois de descongelados, foram homogeneizados por tratamento e por período, secos em estufa de ventilação forçada a 65°C e moídos em moinhos de faca com peneira de 1,0 mm, para posteriores análises laboratoriais.

3.3.2 Fezes

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes, realizou-se ensaio de digestibilidade do 8º ao 12º dia de cada período experimental, através de coletas diárias de fezes, com o auxílio de bolsas coletoras adaptadas aos animais.

As fezes foram pesadas diariamente e uma amostragem de aproximadamente 20% do total de fezes *in natura* excretadas por animal foi coletada e processada da mesma forma que as sobras e os componentes da dieta. Após esse procedimento, as amostras referentes a cada animal em cada período foram homogeneizadas para formar amostras compostas para posteriores análises químico - bromatológicas.

3.3.3 Urina

Foi realizada coleta total de urina nos animais individualmente, do 9º ao 12º dia de cada período experimental. A urina produzida no período de 24 horas foi recolhida em baldes plásticos de 10 litros contendo 100 mL de H₂SO₄ a 20% de concentração (FONSECA *et al.*, 2006), tendo por finalidade evitar perdas de compostos nitrogenados da urina por volatilização e possível fermentação das amostras a serem analisadas posteriormente. No final do tubo coletor de urina das gaiolas foram instaladas telas para evitar possíveis contaminações (fezes, pelos, etc.) da urina.

A produção urinária diária foi obtida pela produção média dos três dias de coleta total de urina. Do volume total de urina diário foi retirada uma amostra de 50 mL para representar a urina total concentrada e outra amostra de 10 mL diluída em 40 mL de H₂SO₄ 0,036 N para compor a urina total diluída (VALADARES *et al.*, 1999). Ambas foram acondicionadas em frascos de polietileno devidamente vedados e identificados por animal, em cada período experimental e, armazenadas a -20°C, para posterior análise de N total nas amostras concentradas e uréia e derivados de purinas nas amostras diluídas.

3.3.4 Coleta de sangue

No 13º dia de cada período experimental foram realizadas coletas de sangue por meio de punção da veia jugular, nos tempos de 00h00, 02h00, 04h00, 06h00 e 08h00 após o fornecimento da alimentação às 06h30, utilizando-se tubos VACTUBE com solução anticoagulante EDTA (Diagnóstica Indústria e Comércio Ltda, Brasil), sendo imediatamente centrifugadas a 2.700 rpm por 15 minutos, e o plasma congelado (-20°C) para posterior quantificação de uréia.

3.3.5 Coleta de líquido ruminal

No último dia de cada período experimental foram feitas amostragens individuais, de aproximadamente 50 mL de líquido ruminal, pelo método de coleta manual, através da cânula, em 5 locais diferentes dentro do rúmen, visando à determinação do pH e das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), que ocorreram às 00h00, 03h00, 06h00, 09h00, 12h00 e 15h00 após a alimentação da manhã (06h30). Tais horários foram estabelecidos a fim de abranger o período de maior atividade de fermentação ruminal após a alimentação da manhã. Após a medição do pH, que ocorreu imediatamente após a coleta do líquido ruminal e filtragem das amostras em camada triplíce de gaze, as amostras foram acondicionadas em potes de polietileno vedados e armazenadas a -20°C, para posterior análise de N-NH₃.

3.4 Análises químicas e cálculos

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram analisadas para quantificar os teores de MS, matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), PB e extrato etéreo (EE) de acordo com a AOAC (1997). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos de acordo com Mertens (2002) com o uso da amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes) e com correções para cinzas e proteína (FDNcp). Foi utilizado o sistema Ankom® para as avaliações de FDN, com modificação do saquinho utilizado (5.0 x 5.0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²). Os teores de fibra em detergente ácido com correções para cinzas e proteína (FDAcp), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), detergente insolúvel em detergente neutro (NIDN) e a lignina (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981) e por protocolo apresentado por Licitra *et al.* (1996).

Os carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) foram estimados nas amostras de alimentos, sobras e fezes de acordo com Hall e Akinyode (2000), utilizando a fórmula: $CNFcp = 100 - [(\% PB \text{ total} - \% PB \text{ ureia} + \% ureia) + (\% FDNcp) + \% EE + \% MM]$. Para o cálculo do NDT observado das dietas foi utilizada a equação do NRC

(2001): $NDT = PBD + (2,25 \times EED) + FDN_{cpD} + CNFD$.

Os valores de digestibilidade aparente total dos nutrientes (DN) foram calculados como a diferença entre ingestão e excreção nas fezes (ANDRIGUETO, 1986).

Para quantificação dos teores de FDN indigestível (FDNi) e FDA indigestível (FDAi), amostras processadas dos componentes da dieta e sobras foram incubadas em quadruplicata (20 mg MS/cm^2) no rúmen de um bovino mestiço dotado de cânula ruminal, por 264 horas. Estas foram retiradas e lavadas até a completa retirada de resíduo de digestão ruminal. O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro e detergente ácido, respectivamente. A FDN potencialmente digestível (FDNpd) foi determinada segundo Detmann *et al.* (2001): $FDN_{pd} = FDN - FDNi$.

O pH do líquido ruminal foi medido com auxílio de peagâmetro digital de bancada. As concentrações de $N-NH_3$ nas amostras do líquido ruminal foram determinadas mediante destilação de *Kjeldahl* com hidróxido de potássio (KOH) 2N, posteriormente à centrifugação a 1700 rpm por 15 minutos conforme técnica de Fenner (1965), adaptada por Vieira (1980).

Para a determinação do nitrogênio total nas amostras de urina (NU), estas foram descongeladas e homogeneizadas por agitação, e analisadas pelo método de *Kjeldhal* (AOAC, 1997).

O balanço de N (BN) ou N retido em g/dia representou o total de N que efetivamente ficou retido no organismo animal, conforme a equação: $N \text{ retido} = N \text{ Ingerido} - (N \text{ Fezes} + N \text{ Urina})$.

A excreção de ureia na urina e a concentração de ureia plasmática foram obtidas por meio de kits comerciais liquiform (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil). A excreção urinária de N ureico (EUNU) foi obtida por meio do produto da excreção de ureia na urina por 0,466, correspondente ao teor de N na ureia. A concentração de N ureico no plasma sanguíneo (NUP) foi obtida da mesma forma.

A alantoína, xantina e hipoxantina foram quantificadas pelo método colorimétrico descrito por Chen e Gomes (1992). Para a análise de ácido úrico e excreção urinária de uréia foram utilizados kits comerciais liquiform (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil).

A excreção dos derivados de purinas totais (PT) foi obtida pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretadas na urina. As purinas microbianas absorvidas (Pabs) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas totais (DPT) na urina usando a equação proposta por Chen e Gomes (1992) para ovinos: $DPT = 0,84Pabs + (0,150 PV^{0,75} \exp^{-0,25Pabs})$, onde 0,84 é a eficiência de absorção de purinas

exógenas, $0,150 PV^{0,75}$ refere-se à excreção endógena de derivados de purinas em relação ao peso vivo metabólico do animal e $\exp^{-0,25Pabs}$ é a taxa de substituição da síntese de novo por purinas endógenas. As Pabs foram estimadas pela resolução da equação usando o processo de interação de Newton-Raphson (CHEN e GOMES, 1992).

O fluxo intestinal de N microbiano (NMIC) foi estimado a partir da quantidade de Pabs (mmol/dia), segundo a equação descrita por Chen e Gomes (1992):

$$NMIC (g/dia) = \frac{Pabs (mmol/dia) \times 70}{0,83 \times 0,116 \times 1000} = 0,727Pabs$$

Assumindo-se a digestibilidade de 0,83 para as purinas microbianas, a relação 0,116 de N purina: N total e o conteúdo de N das purinas de 70 mg N/mmol. A eficiência de síntese de proteína microbiana (EFIM) foi expressa em g de PB microbiana/100g de nutrientes digestíveis totais consumidos (g de PBmic/100g de NDT).

3.5 Análises estatísticas

Os resultados obtidos para consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, parâmetros ruminais, N ureico no plasma e urina, balanço de nitrogênio, fluxo intestinal de N microbiano e eficiência de síntese de proteína microbiana foram submetidos à análise de variância, regressão linear e regressão quadrática, adotando-se o nível de significância de 5%, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4 RESULTADOS

4.1 Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

Não houve efeito quadrático para nenhuma das variáveis analisadas. O consumo de MS, MO, PB, FDN corrigida para cinzas e proteína e NDT não foi significativo em nenhuma das formas de apresentação (Tabela 3). No entanto, houve efeito linear decrescente da inclusão do FC nas dietas sobre o consumo de CNFcp expresso em kg/dia ($CCNFcp = 0,632 - 0,0027x$; $R^2 = 0,87$) e efeito linear crescente no consumo de EE em kg/dia ($CEE = 0,0372 + 0,0004x$; $R^2 = 0,87$).

Apesar do aumento no consumo de EE, o consumo de MS não foi comprometido e apresentou média de 1,31 kg MS/animal/dia, 26,08 g/kg PV e 69,42 g/kg PV^{0.75}. O consumo de MS em %PC para o presente estudo apresentou média geral de 2,6%. A média geral para o consumo de NDT foi de 0,88 kg/dia.

Houve efeito linear decrescente para digestibilidade aparente da MS ($DMS = 71,7288 - 0,1035x$; $R^2 = 0,92$), MO ($DMO = 73,03 - 0,1078x$; $R^2 = 0,90$), FDNcp ($DFDNcp = 60,9097 - 0,1189x$; $R^2 = 0,5197$), CNFcp ($DCNFcp = 82,1222 - 0,2173x$; $R^2 = 0,83$) e NDT ($DNDT = 70,5907 - 0,0905x$; $R^2 = 0,92$) (Tabela 3) com o aumento dos níveis de FC nas dietas.

Tabela 3- Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes em função dos níveis crescentes de inclusão do farelo de crambe em dietas de ovinos

Variável ¹	Dietas				EPM	Valor-p ²	
	0	25	50	75		Linear	Quadrático
<i>Consumo (kg/dia)</i>							
MS	1,36	1,39	1,31	1,18	0,056	0,256 ^{ns}	0,479 ^{ns}
MO	1,26	1,28	1,21	1,09	0,051	0,216 ^{ns}	0,472 ^{ns}
PB	0,19	0,20	0,19	0,17	0,008	0,255 ^{ns}	0,391 ^{ns}
EE	0,04	0,04	0,06	0,07	0,003	0,003 [*]	0,358 ^{ns}
FDNcp	0,42	0,44	0,46	0,46	0,018	0,604 ^{ns}	0,647 ^{ns}
CNFcp	0,60	0,60	0,52	0,41	0,024	0,007 [*]	0,253 ^{ns}
CNDT	0,95	0,96	0,89	0,78	0,042	0,061 ^{ns}	0,264 ^{ns}
<i>Consumo (g/kg dePV)</i>							
MS	26,75	27,37	26,37	23,81	1,028	0,305 ^{ns}	0,453 ^{ns}
MO	24,74	25,20	24,31	21,82	0,948	0,276 ^{ns}	0,451 ^{ns}
PB	3,81	3,98	3,86	3,41	0,157	0,360 ^{ns}	0,338 ^{ns}
FDNcp	8,33	8,72	9,22	8,95	0,144	0,377 ^{ns}	0,569 ^{ns}
<i>Consumo (g/kg de PV^{0,75})</i>							
MS	71,39	73,08	70,01	63,20	2,722	0,277 ^{ns}	0,449 ^{ns}
MO	66,03	67,28	64,55	57,93	2,509	0,250 ^{ns}	0,447 ^{ns}
PB	10,18	10,64	10,26	9,04	0,419	0,332 ^{ns}	0,337 ^{ns}
FDNcp	15,73	16,61	15,19	13,84	0,578	0,194 ^{ns}	0,355 ^{ns}
<i>Digestibilidade aparente total (%)</i>							
MS	70,81	70,33	66,94	63,31	0,964	0,010 [*]	0,429 ^{ns}
MO	71,96	71,74	68,03	64,21	0,969	0,008 [*]	0,371 ^{ns}
PB	71,01	71,59	72,00	68,28	1,164	0,469 ^{ns}	0,373 ^{ns}
EE	86,90	82,98	88,52	92,65	1,149	0,054 ^{ns}	0,104 ^{ns}
FDNcp	60,03	61,64	50,21	53,93	1,532	0,049 [*]	0,736 ^{ns}
CNFcp	79,70	78,58	74,75	62,87	1,055	0,001 [*]	0,024 [*]
NDT	69,85	66,07	66,8	63,07	0,921	0,017 [*]	0,437 ^{ns}

^{1/} MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDNcp - fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp - carboidrato não fibroso corrigido para cinzas e proteína; NDT - nutrientes digestíveis totais; ^{2/} significância: * significativo (p<0,05); ^{ns} não significativo (p>0,05).

4.2 Parâmetros ruminais

Não houve efeito da substituição da PB do concentrado pela PB do FC sobre o pH ruminal dos animais (Tabela 4). Os valores de pH do líquido ruminal obtidos nesse experimento situaram-se na faixa de 5,5 a 6,7, obtendo-se média geral de 6,02.

Os resultados para nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal mostraram comportamento linear decrescente para os níveis de inclusão de FC (N-NH₃ = 17,57667 - 0,06608333x; R² = 69,72) (Tabela 4).

Não houve diferença significativa para a interação dieta x tempos de coleta para a variável pH do líquido ruminal (Tabela 4). No entanto, foi verificado efeito dos tempos de coleta, sendo o maior valor de pH observado para o tempo 0 horas (média = 6,39). O menor valor observado de pH no presente estudo foi para o tempo 12h00 após alimentação da manhã, com média de 5,71.

Tabela 4 - Potencial hidrogeniônico (pH) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do líquido ruminal em função dos níveis crescentes de inclusão do farelo de crumbe em dietas de ovinos

Variável	Dietas				EPM	Valor-p ¹	
	0	25	50	75		Linear	Quadrático
pH	5,87	6,08	6,06	6,06	0,037	0,129 ^{ns}	0,174 ^{ns}
N-NH ₃	16,53	17,93	13,39	12,54	7,5	0,001 [*]	0,316 ^{ns}
Níveis de significância do teste F (valores-p)							
Fatores	F				Valor-p		
<i>pH</i>							
Tempo	20,63				0,000 [*]		
Tratamento x Tempo	0,50				0,935 ^{ns}		
<i>N-NH3</i>							
Tempo	41,36				0,000 [*]		
Tratamento x Tempo	1,64				0,087 ^{ns}		

^{1/} significância: ^{*} significativo (p<0,05); ^{ns} não significativo (p>0,05) ^{2/} significativo (p<0,05) pelo teste F; ^{ns} não significativo (p>0,05) pelo teste F.

Assim como observado para o pH houve efeito dos tempos de coleta sobre a variável N-NH₃. A concentração total de N-NH₃ no líquido ruminal atingiu o pico às 3 horas após alimentação da manhã (6h30), apresentando média de 21,64 mg/dL e permaneceu constante entre 9 e 12 horas. Para a interação dieta x tempo de coleta não houve efeito significativo, ou seja, os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento em relação aos tempos de coleta.

4.3 Teor de nitrogênio ureico no plasma sanguíneo, excreção de nitrogênio ureico na urina, balanço de nitrogênio e síntese de nitrogênio microbiano

Os valores para N ureico no plasma sanguíneo (NUP) verificados neste estudo apresentaram efeito linear decrescente ($NUP = 18.9764 - 0,0757x$; $R^2 = 0,45$) em relação aos níveis de substituição da PB do concentrado pela PB do FC (Tabela 5). No entanto, não houve diferença significativa entre os tempos de coleta para esse parâmetro e nem para a interação NUP x tempo de coleta. Apesar do efeito observado para NUP, não houve efeito dos tratamentos na excreção urinária de N uréico (EUNU).

A ingestão e excreção de N foram semelhantes para todas as dietas. Não houve efeito significativo e nem valores negativos para o N retido e para o N retido em relação ao N ingerido entre as dietas.

No presente estudo verificou-se efeito linear crescente das dietas sobre o fluxo de compostos nitrogenados microbianos ($NMIC = 10,0237 + 0,0309x$; $R^2 = 0,91$) para o intestino delgado nos ovinos (Tabela 5). O mesmo comportamento foi observado para o NMIC relativo, que representa o NMIC em relação ao nitrogênio ingerido ($NMICR = 0,3071 + 0,0015x$; $R^2 = 0,75$). Também foi observado efeito linear crescente para eficiência de síntese microbiana ($EFIM = 6,1744 + 0,0986x$; $R^2 = 0,85$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Nitrogênio ureico no plasma e na urina, balanço de N e síntese de N microbiano em função dos níveis crescentes de inclusão do farelo de crambe em dietas de ovinos

Variável ¹	Dieta				EPM	Valor-p ²	
	0	25	50	75		Linear	Quadrático
NUP (mg/dL)	17,58	20,53	12,49	13,95	2,046	0,000 [*]	0,383 ^{ns}
EUNU (g/dia)	6,2	6,29	7,27	7,89	0,622	0,297 ^{ns}	0,833 ^{ns}
<i>Balanço de N (g/dia)</i>							
Consumo de N	31,05	32,44	30,86	27,11	1,365	0,294 ^{ns}	0,363 ^{ns}
N fecal	10,77	11,27	9,01	8,77	0,869	0,308 ^{ns}	0,835 ^{ns}
N urinário	8,85	9,03	7,93	8,24	0,257	0,222 ^{ns}	0,901 ^{ns}
N retido	11,41	12,12	13,91	10,1	1,095	0,831 ^{ns}	0,321 ^{ns}
N retido/N consumido	0,37	0,36	0,46	0,37	0,026	0,723 ^{ns}	0,460 ^{ns}
<i>Síntese de N microbiano</i>							
NMIC (g/dia)	10,17	10,78	11,14	12,63	0,347	0,027 [*]	0,540 ^{ns}
NMICR (g/g de N ingerido)	0,33	0,33	0,35	0,44	0,017	0,037 [*]	0,205 ^{ns}
EFIM (g PBmic/100 g NDT)	7,15	7,91	10,19	14,69	1,211	0,023 [*]	0,362 ^{ns}

¹/ NUP - nitrogênio ureico no plasma sanguíneo, EUNU - excreção urinária de N ureico, NMIC - fluxo intestinal de N microbiano, NMICR - fluxo intestinal relativo de N microbiano, EFIM - eficiência de síntese de PB microbiana. ²/ significância: ^{*} significativo (p<0,05); ^{ns} não significativo (p>0,05).

5 DISCUSSÃO

5.1 Consumo e digestibilidade

Apesar da DMS ter decrescido com o aumento do coproduto nas dietas, esse comportamento não chegou a interferir no consumo (Tabela 3), sendo esse parâmetro de grande importância na nutrição dos animais. O NRC (2007) cita que, para ovinos em manutenção, o consumo de MS deve ser de 1 kg/dia ou 2,0% do PV, sendo os valores encontrados no presente estudo acima do supracitado.

Já foi relatado que a palatabilidade do FC, a qual é influenciada pelo teor de glicosinolato no farelo, pode afetar o CMS (MENDONÇA *et al.*, 2015). No presente estudo, o FC utilizado foi submetido a duas fases de incidência de temperatura, uma por injeção de vapor (75°C) e outra fase de tostagem (105°C), o que sugere que os níveis de glicosinolatos, se presentes no crambe, não foram suficientes para influenciar na aceitabilidade, de forma a afetar o consumo.

A redução linear no consumo de CNFcp pelos animais (Tabela 3) deve-se à redução substancial nos níveis dessa fração nas dietas, em razão da inclusão crescente do FC (Tabela 2). O comportamento linear crescente observado para o consumo de EE também pode ser atribuído à composição nutricional das dietas, que apresentaram teor crescente de EE. No entanto o FC possui reduzido teor de EE (Tabela 2) devido principalmente ao modo de extração para produção do biodiesel, sendo o aumento do teor de EE das dietas proveniente da inclusão do óleo de soja.

Os teores de FDNi, FDAi e lignina das dietas elevaram-se numericamente com a inserção do FC (Tabela 2), sendo esses, importantes fatores relacionados à inibição da digestibilidade. Adicionalmente, sugere-se que, a redução na digestibilidade da MS pode estar relacionada também à redução do consumo de CNFcp com o aumento dos níveis de FC (Tabela 2).

Canova *et al.* (2015) avaliaram o uso da torta de crambe em dietas para cordeiros e também atribuíram a diminuição da DMS ao aumento do teor de FDA e lignina conforme a inclusão desse subproduto nas dietas e, conseqüente queda da digestibilidade da fração fibrosa, dados que corroboram com os do presente estudo.

No presente estudo, a participação do NIDN e do NIDA aumentou de acordo com o incremento dos níveis de FC na dieta (Tabela 2). De acordo com Brás (2014), no próprio processo de extração de óleos vegetais, se houver excessiva produção de calor, a digestibilidade do coproduto gerado pode ser comprometida. Nessa situação, no grão, a proteína reage com os carboidratos, passando a fazer parte da fração de FDA, podendo

ocorrer aumentos consideráveis no teor de NIDA, que está associada à diminuição da digestibilidade e, conseqüentemente ao menor aproveitamento dos nutrientes.

Entretanto, o aumento das frações de NIDN e NIDA com o aumento dos níveis de FC não foram suficientes para reduzir a digestibilidade da fração proteica (Tabela 3), que apresentou média geral de 70,87%, indicando digestibilidade semelhante entre as fontes de proteína utilizadas nas dietas.

A redução dos valores de NDT observado (Tabela 3), já era esperada, devido o mesmo ser calculado em função da digestibilidade de outros componentes nutricionais da dieta. Para Valadares *et al.* (1997), há correlação entre NDT e digestibilidade da matéria orgânica, o que pode inferir nos dados apresentados. Portanto essa variável não influenciou o consumo de NDT, que para todos os tratamentos apresentou valor superior ao nível recomendado pelo NRC (2007), que é de 0,41 kg de NDT/dia para ovinos em manutenção.

De acordo com Patussi *et al.* (2015), alterações nos teores de FDN e FDA das dietas estão associadas com a alteração dos teores de NDT. Fato confirmado no presente estudo, no qual o aumento dos níveis de FDN e FDA teve relação com a redução dos níveis de NDT das dietas.

5.2 Parâmetros ruminais

O intervalo de valores de pH ruminal obtido nesse experimento (5,5 a 6,7), obteve média geral de 6,02 (Tabela 4), valor este inferior ao limite mínimo de 6,2 proposto por Russell e Wilson (1996), para que ocorra a máxima atividade dos microrganismos, bem como crescimento microbiano, fermentação ruminal e degradação da fibra. Estando dentro dos limites fisiológicos normais (6,0 a 7,0) citados por Owens e Goetsch (1993).

Os valores verificados de pH ruminal abaixo de 6, podem ser explicados com base na definição dos carboidratos dietéticos proposta por Mertens (1996). Os carboidratos fibrosos apresentam baixo potencial em reduzir o pH ruminal, diferentemente dos CNFcp. Sendo assim, a maior quantidade de CNFcp consumida pelos animais em detrimento ao consumo de FDNcp, para todas as dietas (Tabela 3), pode explicar os valores de pH obtidos.

A concentração de N-NH₃ no líquido ruminal depende da degradabilidade da fonte proteica, da disponibilidade de carboidratos e do equilíbrio entre sua produção e utilização pelos microrganismos (NOCEK e RUSSELL, 1988). O efeito linear decrescente observado para a concentração de N-NH₃ em função dos níveis de inclusão do FC (Tabela 4) representa maior utilização de N-NH₃ para crescimento microbiano.

As concentrações médias de N-NH₃ no líquido ruminal obtidas no presente estudo apresentaram-se superiores ao nível mínimo de 10 mg/dL exigido por Detmann *et al.* (2007)

para o máximo crescimento microbiano e digestão ruminal. Entretanto, apresentaram-se inferiores aos valores preconizados por Leng (1990) (20 mg/dL) como ideais para maximização do consumo voluntário em condições tropicais.

Lima *et al.* (2013), trabalhando com níveis de 0, 20, 40 e 60% de inclusão da torta de girassol em substituição ao farelo de soja em dietas para novilhos também observaram efeito para os tempos de coleta com os maiores picos ocorrendo entre 2 e 4 horas após a suplementação com os valores de 22,56 mg/dL e 21,41 mg/dL. Os autores justificaram os horários de picos com base no metabolismo de microrganismos no rúmen, que possui atividade microbiana máxima quando o pH se encontra próximo a 6,5. Esses dados corroboram com os do presente estudo.

5.3 Teor de nitrogênio ureico no plasma sanguíneo, excreção de nitrogênio ureico na urina, balanço de nitrogênio e síntese de nitrogênio microbiano

O parâmetro nitrogênio ureico no plasma sanguíneo (NUP) em ruminantes pode ser utilizado para monitorar a utilização do N da dieta (PESSOA *et al.*, 2009). Neste sentido, maiores concentrações de NUP caracterizam ineficiência na utilização da proteína e maiores perdas de energia associadas à produção de ureia a partir da amônia não assimilada pela microbiota, sendo 14 mg/dL de NUP o limiar a partir do qual se verifica incremento na excreção de N na urina de ovinos (VAN SOEST, 1994). Por outro lado, Menezes *et al.* (2006) considera que o valor ideal para ovinos é de 11 até 23 mg/dL. Considerando que os valores de NUP do presente estudo (Tabela 5) estiveram dentro dos referenciais é um indicativo de nutrição proteica adequada para as dietas avaliadas.

Valores de excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU) indicam que quantidade absoluta de N é eliminada sem ser devidamente utilizada pelo animal. Mesmo os animais tendo apresentado produção linear decrescente de NUP com o aumento da quantidade de FC nas dietas, a EUNU não apresentou efeito (Tabela 5), ou seja, nenhuma dieta proporcionou maiores perdas de N e consequentemente maiores desvios de energia para síntese de ureia no fígado.

Valores elevados e positivos para BN sugerem o equilíbrio entre proteína e energia digestível da dieta (Silva *et al.*, 2010). Os dados obtidos para BN indica que o consumo de PB atendeu às exigências dos animais (Tabela 5).

Para que haja maximização do crescimento microbiano é necessário sincronização entre a disponibilidade de energia fermentável e N degradável no rúmen (LIMA *et al.*, 2013). Portanto, era esperada redução no fluxo de N microbiano com a redução no consumo de CNFcp e diminuição do NDT observado (Tabela 3). Fato não observado no presente estudo.

O comportamento observado para o NMIC e EFIM (Tabela 5) está de acordo com os dados encontrados para concentração de N-NH_3 no líquido ruminal do presente estudo, que apresentou comportamento linear decrescente (Tabela 4). Esse fato sugere maior eficiência de assimilação de aminoácidos e N-NH_3 para a síntese de proteína microbiana, haja vista que houve mesmo percentual de digestibilidade aparente total da PB entre as dietas (Tabela 3). Além disso, mesmo com a redução do NDT observado, o consumo de NDT garantiu aporte energético suficiente para a atividade microbiana.

O FC é rico em aminoácidos, como, cisteína, metionina, lisina e treonina, (GOES *et al.*, 2010). Assim, a variação de alguns aminoácidos essenciais das dietas pode ter contribuído para esta melhor assimilação microbiana.

Os valores médios relativos à EFIM obtidos no presente estudo, de 7,15 a 14,69, estão próximos aos encontrados em estudos com pequenos ruminantes recebendo dietas com composição nutricional semelhante ao do presente estudo, de 5,8 a 12,02 g PBmic/100g de NDT (CARVALHO *et al.*, 2010; FONSECA *et al.*, 2006; FREIRE *et al.*, 2012).

A semelhança no consumo de N entre os tratamentos aliada à satisfatória produção de nitrogênio microbiano, indica melhor utilização do N ingerido no tratamento 75% de substituição da PB do concentrado pela PB do FC, já que este apresentou menor NUP e o maior valor para EFIM (14,69 g de PBmic/100 g de NDT).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O farelo de crambe apresenta potencial para ser utilizado como alimento proteico, podendo substituir em até 75% a proteína bruta do concentrado em dietas para ovinos. Apesar da inclusão da PB do farelo de crambe ter causado efeito negativo na digestibilidade dos nutrientes, o consumo de NDT não foi afetado, indicando melhor aproveitamento da energia e nitrogênio disponível pelos animais, pois houve aumento no fluxo intestinal de N microbiano e na eficiência de síntese de proteína microbiana. Esses resultados encorajam estudos adicionais e técnicas de processamento com potencial para melhorar o aproveitamento desse coproduto pelos animais e indicar o melhor nível de inclusão do farelo de crambe nas dietas para cada categoria animal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Boletim mensal do biodiesel** - Janeiro 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=59452>>. Acesso em: 15 fev. de 2016.

ANDERSON, V. L.; CATON, J. S.; KIRSCH, J. D. *et al.* Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal Animal Science**, v.78, p.2269-2274, 2000.

ANDRIGUETO, J. M. **Nutrição animal**. 4 ed. São Paulo, SP, Brasil, 1986.

AREGHEORE, E. M. Chemical composition and nutritive value of some tropical byproduct feedstuffs for small ruminants in vivo and in vitro digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.99-109, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis, 16th, 3rd ed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD. 1997

BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, p.15-26, 2009.

BRÁS, P.; POSSENTI, R. A.; BUENO, M. S. Avaliação nutricional de coprodutos da extração de óleos vegetais em dietas de ovinos. **Portal de Revistas em Veterinária e Zootecnia**. 2014. Disponível em: <<http://revistas.bvsvet.org.br/bia/article/view/22859/23665>>. Acesso em: 01 jan. de 2016.

BRINGEL, L. M. L.; NEIVA, J. N. M.; ARAÚJO, V. L. Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio em borregos alimentados com torta de dendê em substituição à silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1975-1983, 2011.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; TULLI, F. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v.88, p.285-298, 2000.

CABRAL, E. M.; BACELAR, M.; BATISTA, S. Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. **Aquaculture**, v.322-323, p.74-81, 2011.

CANOVA, E. B.; BUENO, M. S.; MOREIRA, H. L. Crambe Cake (*Crambe abyssinica* hochst) on lamb diets. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.75-81, 2015.

CARLSON, K. D.; TOOKEY, H. L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.60, p.1979-1985, 1983.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V. *et al.* Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.2253-2261, 2010.

CATON, J. S.; BURKE, V. I.; ANDERSON, V. L. *et al.* Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3238-3245, 1994.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. Bucksburnd: Rowett. **Research Institute/International Feed Research Unit**, (Occasional publication), p.21, 1992.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. *et al.* Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, p.258-269, 2012.

COSTA, J. A. A.; SOUZA, A. D. V.; ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Comportamento de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. In: 47ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2010. Salvador **Anais...** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2010.

DETMANN E., CECON P. R.; PAULINO M. P. *et al.* Variáveis do rúmen avaliadas através de funções matemáticas de continuidade. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.42. p.1651-1657, 2007.

DETMANN, E.; CECON, P. R.; PAULINO, M. P. *et al.* Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes sequências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.222-230, 2001.

ECHEVENGUÁ, A. **Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel**. Disponível em: <<http://www.ecoeacao.com.br>>. Acesso em: 10 out. de 2007.

FAO, Biofuel co-products as livestock feed – Opportunities and challenges, Rome, Italy. 2012.

FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Estimativa da produção microbiana em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.3, p.1169-1177, 2006.

FREIRE, L. D. R.; MOREIRA, B. S. PEREIRA, M. M. *et al.* Uréia de Liberação Lenta em Dietas de Ovinos Confinados: Síntese de Proteína Microbiana. **Revista Científica de Produção Animal**, v.14, p.219-222, 2012.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Crambe (*Crambe abyssinica*)- cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel.** Boletim Informativo, 2010.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Crambe.** Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/produtos/crambe>. Acesso em: 10 abril de 2015.

GOES, R. H. T. B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R. A. *et al.* Degradabilidade in situ dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32, p.271-277, 2010.

GOMES, G. M. F.; EGITO, A. S.; SALLES, H. O. *et al.* **Seleção dos animais e cuidados pré, durante e pós cirúrgicos na fistulação ruminal em caprinos e ovinos.** Embrapa Caprinos e Ovinos- Sobral, CE, 2009. 21 p.

GOULARTE, S. R.; SOUZA, A. D. V.; ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2010, Anais...Palmas: TO, 2010.

HALL, M. B., AKINYODE, A. Cottonseed hulls: working with a novel fiber source. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, Gainesville. Proceedings....University of Florida. 11, p.179-186. 2000.

HERCULANO, B. N. **Farelo de crambe na alimentação de bovinos leiteiros.** 2013. p. 61. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

- ÍTAVO, L. C. V., SOARES, C. M., ÍTAVO, C. C. B. F. *et al.* Calorimetry, chemical composition and in vitro digestibility of oilseeds. **Food Chemical**. v.185, p.219-225, 2015.
- ÍTAVO, L. C. V.; SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P. *et al.* Intake, digestibility, performance, carcass characteristics and meat quality of lambs fed different levels of crambe meal in the diet. **Animal Feed Science and Technology**. v.216, p.40-48, 2016.
- KNIGHT, S. E, Crambe a North Dakota. Case study. **Rural industries research and development corporation**. RIRDC publication. Kingston. p.25, 2002.
- KROGDAHL, A., PENN, M., THORSEN, J. *et al.* Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recente findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture Research**, v.41, p.33-44, 2010.
- LENG, R. A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutritional Research and Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fracionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LIMA, H. L.; GOES, R. H. T. B.; CERILLO, S. L. N. *et al.* Nutritional parameters of steers receiving different levels of sunflower crushed in partial replacement of soybean meal. **Academia Brasileira de Ciências**, v.85, p.1513-1522, 2013.
- LIU, Y. G.; STEG, A.; SMITS, B. *et al.* Crambe meal: removal of glucosinolates by heating with additives and water extraction. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.273-287, 1994.
- MENDONÇA, B. P. C.; LANA, R. P.; DETMANN, E. *et al.* Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.58-590, 2015.
- MENDONÇA, B. P. C.; LANA, R. P.; DETMANN, E. R. *et al.* Uso do farelo e da torta de crambe na alimentação de bezerros em crescimento. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.4, p.84-92, 2014.
- MENEZES, D. R.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L. *et al.* Balanço de nitrogênio e medida do teor de ureia no soro e na urina como monitores metabólicos de dietas contendo

resíduo de uva de vitivinícolas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.7, p.169-175, 2006.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MERTENS, D. R. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. **Annales Zootechnie**, v.45, p.153-164, 1996.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal in vitro de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.2021-2028, 2011.

MIZUBUTI, I. Y.; PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S. *et al.* **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Londrina: EDUEL, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. Washinton, D. C. 2007, p.362.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. Washinton, D. C. 2001, p.381.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of small ruminants**. Washington, D.C. 1985. p.112.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Laboratory Animals**, Washington: National Academic Press 3.ed. DC, 1978.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.

OLIVEIRA, K. M., CASTRO, G. H. F., HERCULANO, B. N. *et al.* Comportamento ingestivo de bovinos leiteiros alimentados com farelo de crambe. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.68, p.439-447, 2016.

OLIVEIRA, P. F. **Farelo de crambe: composição bromatológica, degradabilidade in situ e níveis de inclusão na suplementação de bovinos de corte**. 2010. 23 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás - Jataí, 2010.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Fermentación ruminal. In: CHURCH, D. C. **El ruminante, fisiologia digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acríbia, 1993. p.159-190.

PATUSSI, R.A., BUSCHINELLI de GOES, R.H.T., OSMARI, M.P. Composição química, degradabilidade ruminal e tempo de colonização de suplementos concentrados com torta de crambe. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.72, p.200-208, 2015.

PESSOA, R. A. S.; LEÃO, M. I.; FERREIRA, M. A. *et al.* Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e ureia associados a diferentes suplementos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.941-947, 2009.

PIETRO, P. S. **Farelo de crambe em rações para tilápia do Nilo**. 2013. 74 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal da Grande Dourados - MS, 2013.

ROBERTSON, J. B., VAN SOEST, P. J. **The detergent system of analysis and its application human foods. The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, p.91-99, 2013.

RUSSELL, J. B, WILSON, D. B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal Dairy Science**. v.79. p.1503-1509. 1996.

SAS, 1999. User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC, USA.

SILVA, D. C.; ALVES, A. A.; VASCONCELOS, V. R. *et al.* Metabolismo dos compostos nitrogenados em ovinos alimentados com dietas contendo farelo de mamona destoxificado. **Acta Scientiarum Animal sciences**, v.32, p.219-224, 2010.

SILVA, R. B. **Substituição de Farelo de soja por torta de crambe para ovinos em crescimento**. 2013. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 2013.

SILVA, S. A. G.; Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: A produção animal na visão dos brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM.

SOUZA, A. D. V. **Farelo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em substituição ao farelo de soja na dieta de ruminantes**. 2011. 159 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, 2011.

SOUZA, K. A.; GOES R.H.T.B.; SILVA, L. H. *et al.* Crambe meal in supplements for culling cows: animal performance and carcass characteristics. **Scientiarum Animal Sciences**. v.37, p.47-53, 2015.

SOUZA, V. S. **Desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos em ovinos Santa Inês suplementados com *crambe abyssinica***. 2014. 72 p. Tese (Doutorado em Ciências Animais)- Universidade de Brasília, 2014.

TRIPATHI, M. K.; MISHRA A. S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed science and technologic**, v.132, p.1-27, 2007.

VALADARES, R. F. D., BRODERICK, G. A., VALADARES FILHO, S. C. Effect of replacing alfafa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal Dairy Science**. v.82, p.2686-2696, 1999.

VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. *et al.* Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. p. 35-336.

VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1980.

WALLIG, M. A.; BELYEA, R. L.; TUMBLESON, M. E. Effect of pelleting on glucosinolate content of Crambe meal. **Animal Feed Science and Technology**, p.205-214, 2002.